

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

**Ergonomická studie montážního pracoviště- návrh
vzorového montážního pracoviště**

Ergonomic studies of Assembly Workplace- Draft Model
Assembly Workplace

Student:

Jiří Kasal

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lenka Čepová, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Kasal**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Ergonomická studie montážního pracoviště - návrh vzorového
montážního pracoviště
Ergonomic Studies of Assembly Workplace - Draft Model Assembly
Workplace**
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Přehled současného stavu a popis stávajícího stavu montáže.
3. Popis výroby a současný stav linek.
4. Návrh montážní linky a varianty pro zefektivnění při uspořádání pracovišť.
5. Zhodnocení a závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [3] BUMBÁLEK, B.; ODVODY, V.; OŠTÁDAL, B. *Drsnost povrchu*. Praha, SNTL, 1989.

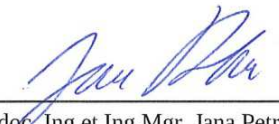
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Čepová, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Dagmar Klichová**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....15.5.2017.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Autor bakalářské práce: Jiří Kasal

Adresa trvalého bydliště: Mohelnická 856, Uničov

V Ostravě.....15.5.2017.....

.....

podpis studenta

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat zvláště vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Míkovi, CSc., který mě po celou dobu zpracování mé bakalářské práce vedl a ochotně mi pomáhal při řešení jednotlivých problémů souvisejících s touto prací. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kasal, J. *Ergonomická studie montážního pracoviště – návrh vzorového montážního pracoviště: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2017, 51s. Vedoucí práce: Ing. Lenka Čepová, Ph.D.

Bakalářská práce byla vypracována ve společnosti Brembo Czech s.r.o. a je zaměřena na návrh vzorového montážního pracoviště, konkrétně jde o montážní linku podvozkového komponentu (těhlice) do automobilového průmyslu. První část popisuje ergonomii, optimalizaci, racionalizaci, které jsou potřebné ke studiu dané problematiky. V praktické části byl analyzovaný současný stav montážní linky a následně byl vypracován nový návrh montážní linky a její zhodnocení.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Kasal, J. *Ergonomic study of assembly workplace – draft of a assembly workplace: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of mechanical technology, Assembly, and Engineering Metrology, 2017, 51 p. Thesis head: Lenka Čepová, PhD., MSc.

The bachelor thesis was done in corporation with company Brembo Czech s.r.o. and is focused on draft of a assembly workplace, specifically the assembly line of undercarriage component (knuckle) for automobile industry. First part describes ergonomics, optimization, rationality, which are necessary to study this concrete problematics. In the practical part, was analyzed the current state of the assembly line and after that developed new design of the assembly line and evaluation.

Obsah

Seznam použitých symbolů:	9
1 Úvod	11
2 Charakteristika řešené problematiky	12
2.1 Výrobní proces	12
2.2 Optimalizace	13
2.3 Racionalizace	13
2.4 Ergonomie	16
2.5 Poka Yoke	18
2.6 Kanban	18
2.7 Spotřeby času	19
2.7.1 Rozdělení časů směny	19
2.7.2 Normovatelný čas (T_N)	20
2.7.3 Nenormovatelný čas	21
2.8 Hmotné toky	23
2.8.1 Sankeyův diagram	24
2.8.2 Spaghetti diagram	25
3 Charakteristika podniku Brembo Czech s.r.o.	26
3.1 Popis produktu	28
3.2 Montážní proces podvozkového komponentu	30
4 Analýza současného stavu výrobní linky	34
4.1 Analýza současného layoutu	34
4.2 Analýza hmotného toku	36
4.3 Montážní časy	37
4.3.1 Spaghetti diagram	37
4.3.2 Pohyb operátora a celkový „cycle time“ předních těhlic	39

4.3.3	Pohyb operátora a celkový „cycle time“ zadních těhlic	41
5	Návrh nového vzorového layoutu	45
5.1	Rozdělení výrobního úseku	45
5.2	Nový layout výrobního úseku č.2 (Oblast montáže)	46
5.2.1	Analýza hmotných toků	47
5.2.2	Spaghetti diagram	47
5.2.3	Strojní časy	48
6	Závěr	49
	Seznam použité literatury:.....	50
	Seznam obrázků.....	51
	Seznam tabulek	52

Seznam použitých symbolů:

TPS	Toyota prудuction system	
F1	Formule 1	
BMW	Automobilka BMW (BayerischeMotorenWerke)	
s.r.o.	S ručeným omezeným	
S.p.A	Akciová společnost (Societ'a per Azioni)	
5S	Metoda 5S – rozděl, seříd, uspořádej, zdokumentuj, dodržuj.	
Layout	Plošný návrh pracoviště	
T	Čas změny	[min]
T_N	Čas normovatelný (nutný)	[min]
T_Z	Čas nenormovatelný (ztrátový)	[min]
t_1	Čas práce	[min]
t_2	Čas obecně nutných přestávek	[min]
t_3	Čas podmíněčně nutných přestávek	[min]
T_{A1}	Čas jednotkové práce	[min]
T_{B1}	Čas dávkové práce	[min]
T_{C1}	Čas směnové práce	[min]
T_{A2}	Čas obecně nutných přestávek v průběhu jednotkové práce	[min]
T_{B2}	Čas obecně nutných přestávek v průběhu dávkové práce	[min]

T_{C2}	Čas obecně nutných přestávek v průběhu směny	[min]
T_{A2}	Čas podmíněčně nutné přestávky v průběhu jednotkové práce	[min]
T_{B2}	Čas podmíněčně nutných přestávek v průběhu dávkové práce	[min]
T_{C2}	Čas podmíněčně nutných přestávek v průběhu směny	[min]
t_E	Čas technicko – organizační ztráty	[min]
t_D	Čas osobní ztráty	[min]
t_f	Čas ztráty z vyšší moci	[min]
f	Čestnost operací	[min]
TM	Čistý strojní čas	[min]
MF	Čas kdy stroj pracuje / operátor nepracuje	[min]
ML	Čas kdy stroj nepracuje / operátor pracuje	[min]
TM_1	Čistý strojní čas operace č. 1	[min]
TM_2	Čistý strojní čas operace č. 2	[min]
TC_M	Celkový montážní čas	[min]
TC_O	Celkový strojní čas CNC centra	[min]

1 Úvod

Aby byla firma, či podnik v dnešní době schopna udržet se na trhu práce ve všech odvětvích, kdekoliv na světě a zároveň si zachovat konkurenční schopnost a mít přijatelné zisky. Musí držet krok s konkurencí a reagovat na situace, které se momentálně dějí ve světě. Jako například nedávná globální krize, inovace v technologiích, které každým rokem přibývají exponenciální řadou a v neposledním případě také brát ohled na životní prostředí což je dnes velmi důležité a populární hlavně v oblasti globálního oteplování.

V dnešní době je důležité sledování nových postupů a trendů v technologiích. Což znamená pro firmu vyvíjet se a jít kupředu, tudíž držet krok s ostatními konkurenčními společnostmi. Přináší to podniku úsporu času i financí. Nikde není dáno, že se tenhle vývoj musí týkat zrovna vybavení podniku. Jako na příklad nákup drahých strojů. V poslední době je velká pozornost věnována novým organizačním metodám, které se do světa dostávají převážně z USA a z Japonska. Normy spotřeby času a spaghetti diagramy, POKA-YOKE, Kanban apod.. Tyhle organizační metody jsou vybrané varianty, které pomáhají k racionalizaci výrobních procesů, a tím dosažení co nejlepších výsledků, které mají za úlohu minimalizovat ztráty.

Jeden z největších zájmů o tyto metody je v automobilovém průmyslu, který má v české republice poměrně široké zastoupení a neustále se rozvíjí. V tom důsledku jsou na něj kladeny velké nároky, co se týče kvality a cenové konkurenční schopnosti. Bakalářská práce byla vypracována pro společnost Brembo Czech s.r.o. Tato společnost se zabývá výrobou komponentů pro automobilový průmysl. Společnost je jedním z předních leaderů ve výrobě brzdových komponentů do automobilového průmyslu ve světě.

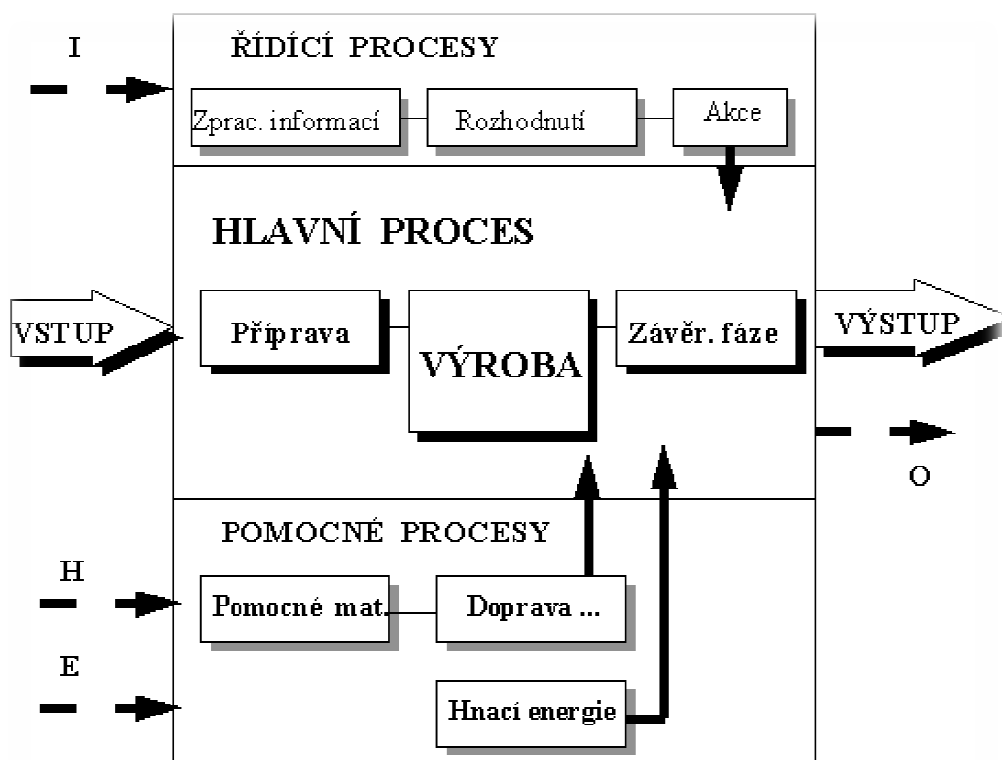
Cílem této bakalářské práce je ergonomická studie (analýza) současného stavu linky a následná optimalizace jedné z montážních linek podniku s cílem dosáhnout zefektivnění výroby a tím spojených výrobních nákladů.

2 Charakteristika řešené problematiky

Podrobná studie současného stavu montážní linky. Následně návrh optimálního layoutu pracoviště v důsledku změn současného počtu zařízení a jejich přesunu na jiné pozice. Současný stav vysvětluje základní pojmy týkající se řešené problematiky. Popisuje a vysvětluje základní pojmy výrobní proces, racionalizace, optimalizace atd.

2.1 Výrobní proces

Výroba je základní činnost každého podniku. Pod pojmem výroba se ukrývá spojení několika faktorů týkajících se výroby. Jsou to faktory jako na příklad půda, práce a kapitál. Spojením těchto faktorů dosáhneme proces, kterým dosáhneme finálního výrobku. Tento proces je souhrn všech služeb (operací), které podnik poskytuje. Patří sem například investiční činnost, finanční činnost a personální činnost. Nakonec samotná výroba: vyhotovení výrobků, kontrola výrobků, skladování výrobků a expedice výrobků (viz Obrázek 1).



Obrázek 1 Výrobní proces [1]

Nejdůležitější částí výrobního procesu je zpracování surovin na finální produkt. Tato doba se počítá od vstupu materiálu do výrobního procesu, čímž se rozumí první prováděná operace daného materiálu, po expedici produktu. Cílem tohoto procesu jsou produkty, které budou mít své místo na trhu a budou vykazovat zisky. Z toho důvodu se snažíme o maximální efektivitu výrobních procesů. [1]

2.2 Optimalizace

Vyskytuje se v mnoha oborech, tudíž je velmi těžké ji přesně definovat, jelikož v každém oboru znamená trošku něco jiného. Můžeme se snít setkat například v informatice, kde se optimalizací rozumí proces modifikace výrobního systému, které vede k vyšší efektivitě nebo ke snížení nároků celého výpočetního systému. V matematice se optimalizace zabývá nalezením hodnot proměnných, pro které účelová funkce nabývá minima nebo maxima.

Každopádně v obecném součtu se dostaneme k závěru, že optimalizace se snaží najít to nejlepší, nejefektivnější řešení pomocí racionalizačních metod. [2]

2.3 Racionalizace

Podstatou racionalizace je neustálé zlepšování výrobního procesu. Proces výroby by měl směřovat kupředu, neustále se vyvíjet a tím by měly být kladeny vyšší požadavky na techniku, technologii, organizaci práce, výrobu a řízení.

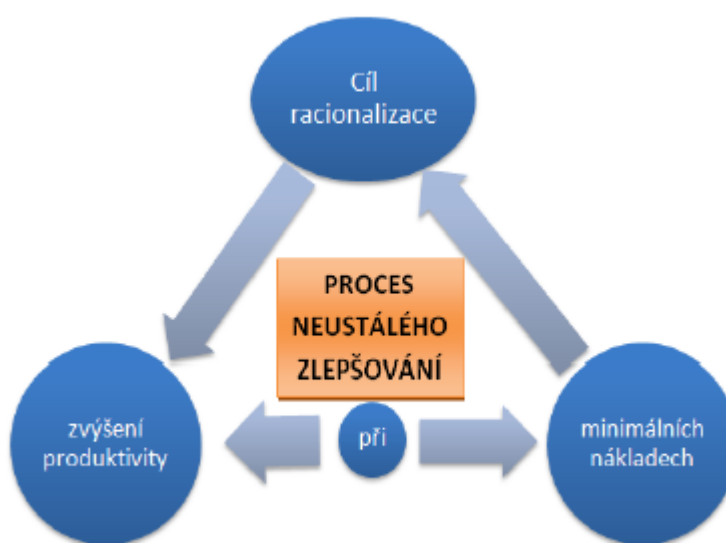
Racionalizace výroby je myšlena jako souhrn opatření, rozhodnutí, které vedou k účelnějšímu, hospodárnějšímu způsobu práce a výroby. Zaměstnanci mohou pracovat s vysokým výkonem a zároveň šetřit svoji sílu. [3]

Ve všech případech je racionalizace podložena ekonomickou kalkulací. V ideálním případě dosáhneme racionalizací vysoké návratnosti a hospodárnosti.

Komplexní racionalizace se netýká jen vlastní výroby, ale také oblasti řízení a správy. Zahrnuje aktivitu a iniciativu zaměstnanců při zvyšování všech faktorů růstu výkonnosti a zároveň snahy zbavit se namáhavé a monotónní, možná i zdraví škodlivé práce a tím snahu zlepšovat pracovní podmínky.

Velmi důležitá odvětví racionalizace jsou postupy z hlediska materiálové hospodárnosti, pohybu materiálu. Jak je patrné v názvu jedná se o pohyb materiálu a tím spojené náklady na přepravu. Proto je prioritou uspořádat pracoviště tak, aby se minimalizovala přeprava materiálu. Tudíž snaha dodržet plynulost a posloupnost na sebe navazujících operací. V druhém případě je velmi důležitá racionalizace z hlediska výrobních procesů. Ta se zabývá přípravou práce, údržbou a obsluhou zařízení, ale i údržbou celých komplexů (staveb, budov).

Racionalizaci považujeme za klíč k dosažení co nejvyšších zisků s tím spojené produktivity za co nejmenších nákladů (viz Obrázek 2).



Obrázek 2 Cíl racionalizace [2]

Nástroje racionalizace

- Uspořádání pracovišť.
- Ergonomie pracovišť.
- Technické úpravy pracovišť.
- Technologičnost konstrukce.
- Optimalizace provádění pracovních operací.

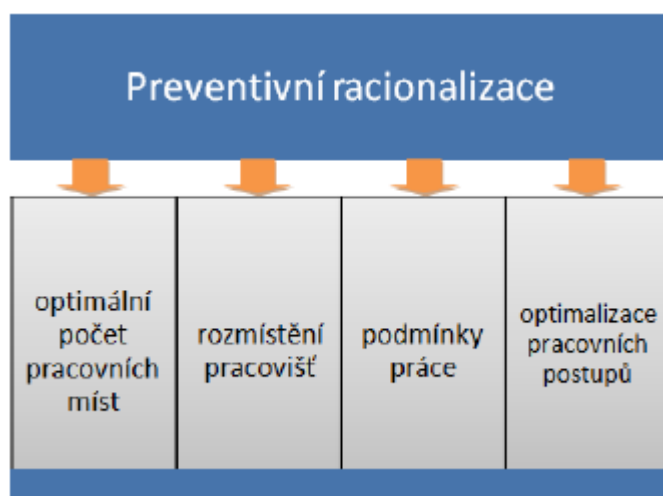
Postup racionalizace

1. Analýza pracovního systému.
2. Posouzení současného stavu pracovního systému.
3. Návrh racionalizačních opatření.
4. Provedení racionalizačního opatření.
5. Výsledné zhodnocení.

Racionalizace práce rozdělujeme do dvou variant: preventivní a korektivní. Základní rozdíl je definován v čase aplikování racionalizační metody.

Preventivní racionalizace

Tímto druhem racionalizace se rozumí situace, před samotnou realizací projektu. Hlavní prioritou této racionalizace je důkladné studium navrhnutých variant výroby a posouzení výkresové dokumentace. Jedná se o konečný souhrn informací, jako jsou rozmístění strojních zařízení, počet pracovních míst, uspořádání jednotlivých výrobních procesů, návrh pracovních postupů a procesů (viz Obrázek 3).



Obrázek 3 Preventivní racionalizace [3]

Korektivní racionalizace

Tato racionalizace se zabývá již zavedenými procesy, což je opačně jako u předešlého typu racionalizace. Tudíž je nutnost pracovat se současně dostupným vybavením při zavedené technologii výrobního procesu. V tomto případě se jedná o změny menších rozsahů, jelikož se tyto změny většinou provádí za provozu. Jedná se tedy o změny v uspořádání pracovišť a strojů menšího rozsahu, změny počtu zaměstnanců daných pracovišť a zařízení, také se jedná o změny v dopravě či toku materiálu (viz obrázek 4). [3]



Obrázek 4 Korektivní racionalizace [4]

2.4 Ergonomie

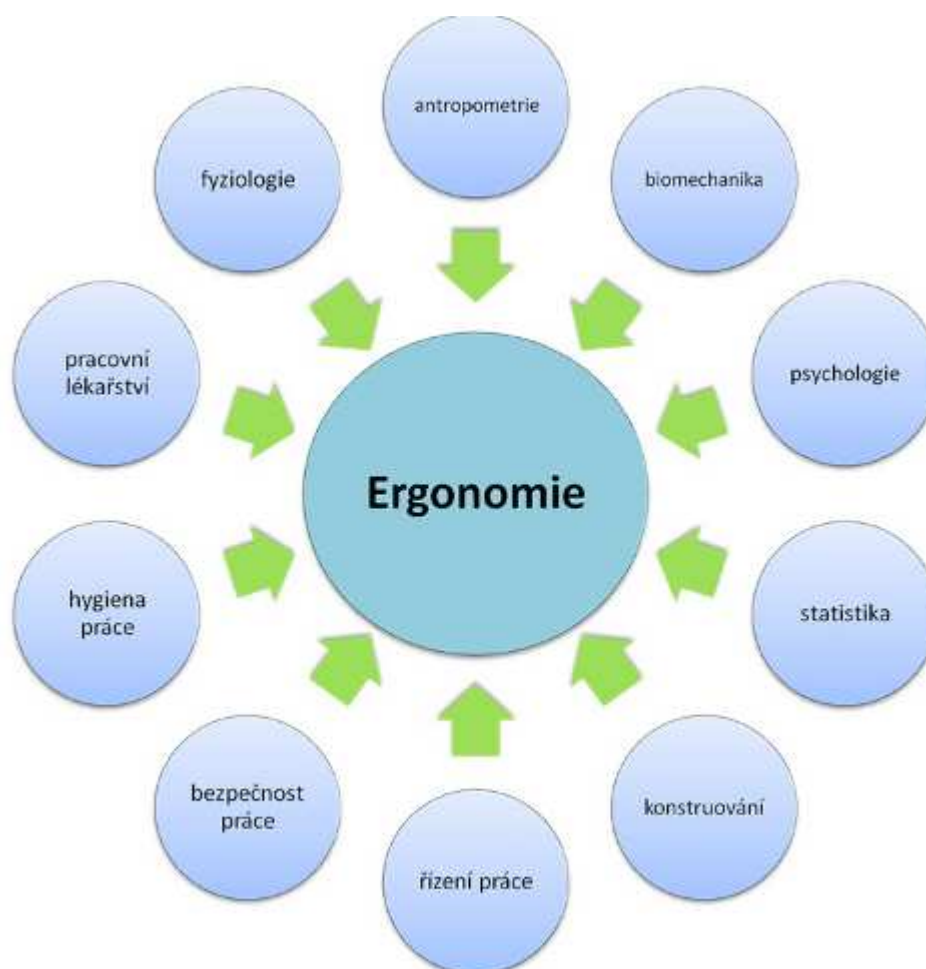
Ergonomie je definovaná jako nástroj pro zvýšení výkonnosti. Slovo ergonomie je převzato z anglického slova “**ergonomics**“, který ovšem vznikl při spojení dvou řeckých slov “**ergon**“ (práce, pracovní síla) a “**nomos**“ (řád, pořádek). Ergonomie se zabývá vztahem mezi zaměstnancem, pracovním prostředkem a pracovním prostředím. Tomuto systému se říká “**pracovní systém**“ jinak řečeno, také jako systém “**člověk-stroj-prostředí**“. Umístění těchto studií do praxe se používá u stanovení limitů výkonnosti člověka, čímž se myslí senzorické, biomechanické a mentální schopnosti. Používá si při navrhování pracovišť, uspořádání strojních zařízení, při konstrukci strojních zařízení v mnoha dalších případech.

Použitím ergonomie dosáhneme nárůstu výkonnosti u zaměstnanců a zároveň vytvoření vhodných pracovních podmínek, ve kterých se budou zaměstnanci cítit bezpečněji a budou mít na svém stanovišti pocit pracovní pohody, tedy dosáhneme ergonomičnosti pracoviště.

Ergonomie nemá přesně danou definici stejně, jako racionalizace. Pro názornou ukázkou se uvádí příklady některých definic. [4]

- Ergonomie je obor, který se zabývá vztahem mezi člověkem-technikou a prostředím s cílem stanovit co nejmenší fyzickou a psychickou zátěž člověka, při jeho maximální výkonnosti a efektivnosti práce.
- Ergonomie studuje vztah člověk a pracovních podmínek za uplatnění všech nejnovějších poznatků technických, společenských a biologických věd. Jejich cílem je zdokonalit pracovní prostředí člověka a tím pro něj zajistit optimálnější pracovní podmínky a to z hlediska bezpečnosti práce, ochrany zdraví při optimálním výkonu.
- Ergonomie přispívá ke zlepšení lidskému zdraví, pohodě a výkonnosti, také k řešení designu, hodnocení práce, prostředí, systému. [4]

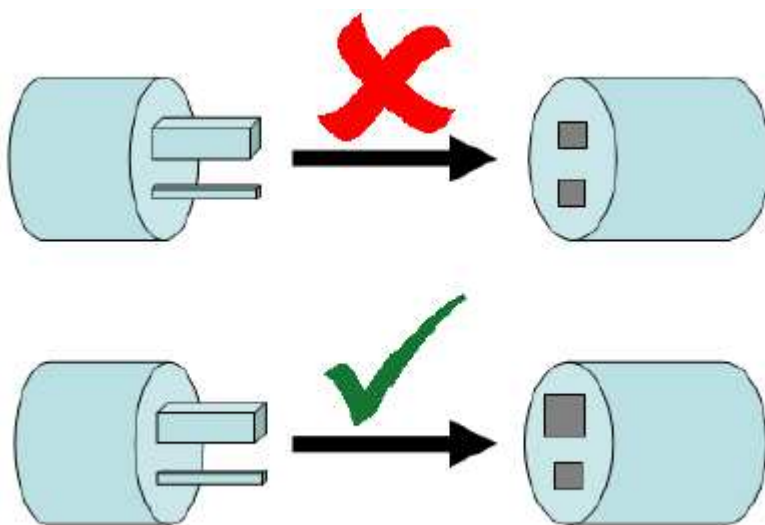
Ergonomie zahrnuje všechny tyto obory (viz obrázek 5).



Obrázek 5 Vlivy ergonomie [12]

2.5 Poka Yoke

Tento systém poprvé uvedla na trh společnost Toyota v Japonsku jako součást programu TPS (Toyota Production System). Tohle sousloví se v japonštině překládá jako „chyba-vzdorný“. Poka Yoke je elektrický či mechanický výrobní přípravek nebo také mechanismus, který zabraňuje pracovníkovi udělat chybu. Hlavním úkolem je odstranění špatných výrobků za pomoci preventivního předcházení a následného napravení dané chyby a upozornění na lidské pochybení, které bývá nejčastěji příčinou chyby. [5] [6]

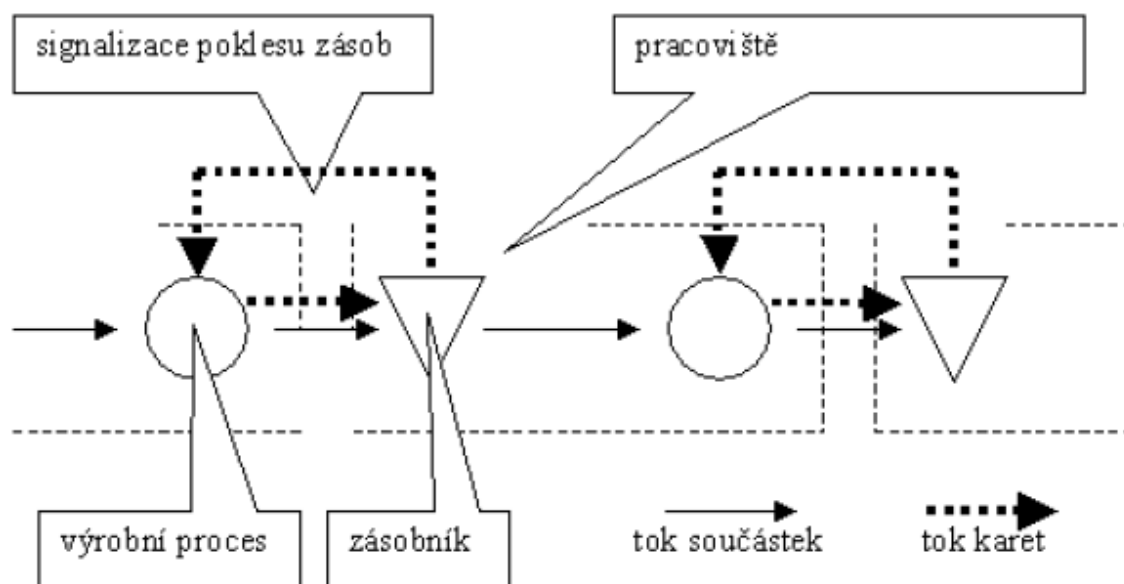


Obrázek 6 Příklad Pokay Yoke [6]

2.6 Kanban

Tento systém byl, taktéž vyvinutý společností Toyota v Japonsku, jako součást programu TPS (Toyota Production System). V tomto případě se využívá systému tahového řízení. Vyrobit se pouze to, co zákazník požaduje v daném množství a čase, ve kterém je výrobek požadován. Finanční stránka spojená s uvedením systému do provozu je minimální v porovnání s jinými metodami dílenského řízení. Velká část finančních nákladů se týče vzdělání Kanban což v japonštině znamená „karta“. Tento systém využívá karty a mnoho dalších signálů k řízení výroby a toku materiálu.

Princip Kanbanu tvoří okruh mezi dodavatelským a odběratelským stupněm ve výrobním procesu. Tento okruh vytváří objednávka (Kanban karta), která je dodána dodavateli, po zpracování objednávky dodavatelem a je vrácena spolu s materiálem odběrateli. Systém Kanban má za úkol signalizovat pokles zásob pod stanovenou hodnotu. [7]



Obrázek 7 Princip systému řízení Kanban [7]

2.7 Spotřeby času

Nejčastěji řešený problém v praxi se týká času a je to první věc, na kterou se ohlížíme při zdokonalování jakéhokoliv procesu. Proto máme zavedeny normy spotřeby času, které obsahují údaje o spotřebě času za danou operaci, nebo za určitý úsek činnosti operace (pohyb, úkon).

2.7.1 Rozdělení časů směny

Čas změny je definován jako T (min). Například při 12 hodinové směně, která se využívá při dvousměnném provozu. Při této pracovní době můžeme uvažovat o celkovém čase směny 720 minut. Výkonnosti pracoviště nebo přímo daného pracovníka se vztahují k tomuto času. Nelze však počítat s celkovým údajem času, protože tento časový úsek zahrnuje i časy, které nejsou produktivní.

Čas směny dělíme na:

- Čas normovatelný (nutný)- T_N .
- Čas nenormovatelný (ztrátový)- T_Z .

2.7.2 Normovatelný čas (T_N)

Pod tento čas spadají všechny činnosti při dané operaci sledovat a vymezit jim přesný čas, tudíž je to čas, který nás bude zajímat nejvíce. Patří sem:

- Čas práce (t_1).
- Čas obecně nutných přestávek (t_2).
- Čas podmíněčně nutných přestávek (t_3).

Nejpodstatnější z těchto časů je pro nás je pro nás čas práce (t_1) udává nám přesný časový údaj čisté práce zaměstnance, tudíž jeho produktivity. Dělíme ho na podskupiny.

- Čas jednotkové práce (t_{A1}) - čas ve kterém zaměstnanec vykonává jednotlivé úkony spojené s produkcí.
- Čas dávkové práce (t_{B1}) - nutný čas pro přípravu před samotnou produkcí nebo pro ukončování produkce. Do tohoto času můžeme počítat seřizování stroje, upínání nástroje nebo výrobku, čtení výkresové dokumentace.
- Čas směnové práce (t_{C1}) - tento čas stráví zaměstnanec úkony, které jsou nezbytné pro plynulý chod pracoviště. Do tohoto času můžeme počítat úklid pracoviště (samotného zařízení) na konci směny, nebo také přípravu pracoviště na začátku směny.

Jako další se do normovatelného čas počítá čas obecně nutných přestávek (t_2). Jsou to přestávky stanovené zákony, normami nebo předpisy. Proto není nijak možné tyto časy zkrátit či úplně odstranit a musí se s nimi počítat. Mezi tyto časy zařazujeme čas na přirozené potřeby, čas na svačinu nebo na oddych.

Čas obecně nutných přestávek může být zahrnut v následujících časech:

- Čas obecně nutných přestávek v průběhu jednotkové práce (t_{A2}).
- Čas obecně nutných přestávek v průběhu dávkové práce (t_{B2}).
- Čas obecně nutných přestávek v průběhu směny (t_{C2}).

Jako poslední kategorie spadající do normovatelného času jsou podmíněčně nutné přestávky (t_3). Tento čas je dán konkrétní technologií a většinou ho zaměstnanec nemůže nijak ovlivnit. Je to například čas, který musí zaměstnanec čekat na automatické dojetí stroje. I tyto přestávky se přiřazují k časům.

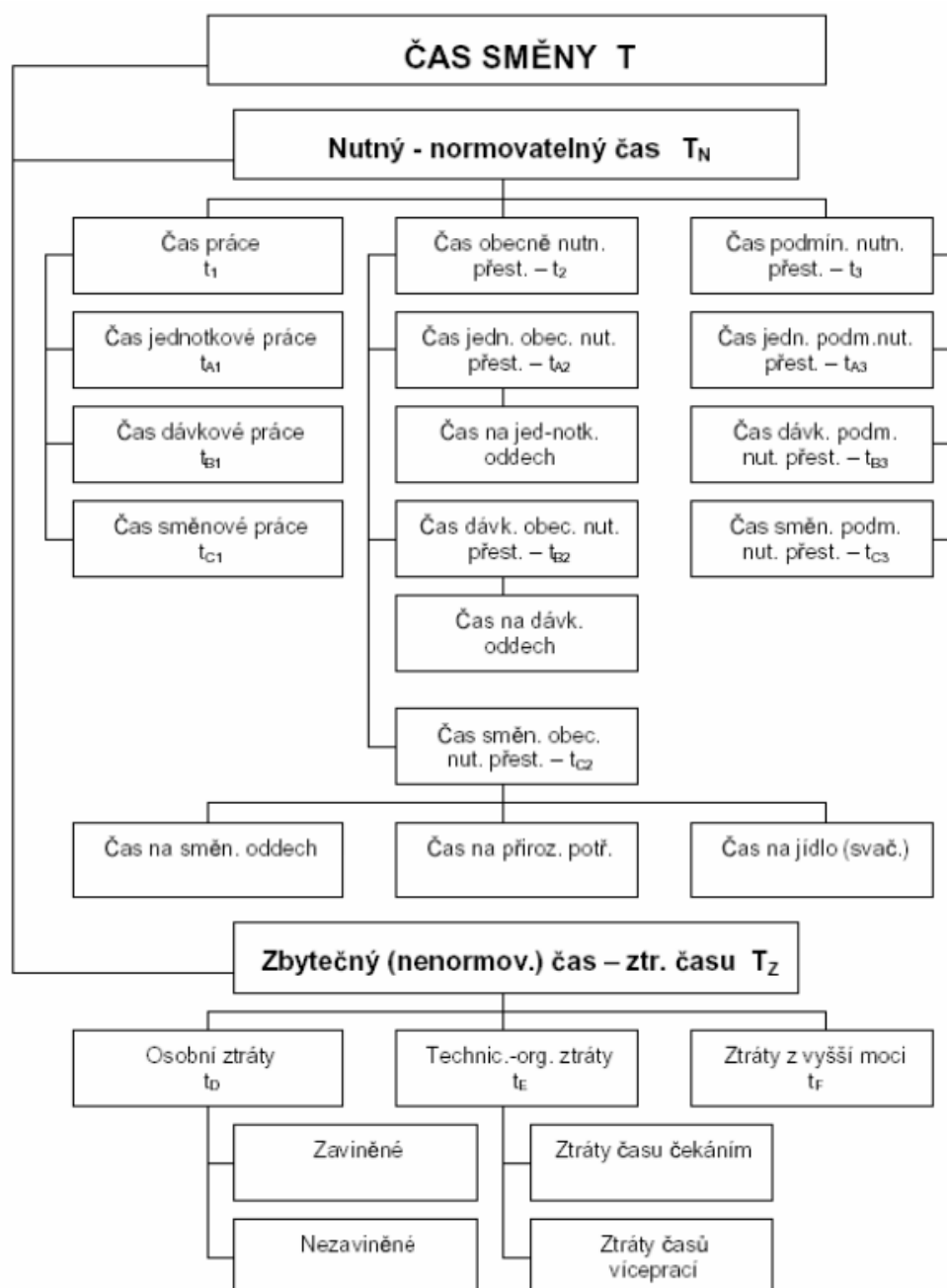
- Čas podmíněčně nutných přestávek v průběhu jednotkové práce (t_{A3}).
- Čas podmíněčně nutných přestávek v průběhu dávkové práce (t_{B3}).
- Čas podmíněčně nutných přestávek v průběhu směny (t_3).

2.7.3 Nenormovatelný čas

Jedná se o čas ztrát, které se berou jako časy nežádoucí. Tento čas nemůžeme nijak vymezit nebo definovat, objevují se náhodně bez jakékoliv pravidelnosti. I tyto časy mají své rozdělení:

- Čas Technicko-organizační ztráty (t_E)- jsou to ztráty vzniklé z důvodu přerušení výroby, kvůli technickým problémům nebo zlé organizaci práce.
- Čas Osobní ztráty (t_D)- ztráty zapříčiněné zaměstnancovým pochybením. Podnětem toho pochybení bývá například nepřítomnost na pracovišti, či komunikace s kolegy bez návaznosti na výrobu.
- Čas ztráty z vyšší moci (t_F)- jsou to neovlivnitelné ztráty, se kterými nikdo nepočítá. Nemůže za ně ani organizace práce ani zaměstnanec. Můžou to být například přírodní katastrofy nebo výpadky elektřiny. [4]

V následujícím obrázku je přehledně zobrazeno celé rozdělení výše zmíněných časů.



Obrázek 8 čas směny [9]

2.8 Hmotné toky

Je definovaný, jako pohyb materiálu postupně přes všechny operace od nakoupeného materiálu až po finální produkt. Můžou to být procesy s přidanou hodnotou, ale také procesy bez přidané hodnoty. Studie hmotných toků a následná analýza a vyhodnocení jsou první krokem k omezení plýtvání ve všech výrobních procesech. Jako například administrativa, logistika, vývoj nebo i samotná výroba.

Každá firma nakupuje materiál. Plánování v systému musí nákupčí správně signalizovat, „co“, „kdy“ a v jakém množství mají objednat. Největší umění systému spočívá v optimalizaci množství napříč zakázkami a dynamickém načasování vystavění objednávky.

Automobilový průmysl používá dodavatelské rozvrhy, které si předávají informační systémy samy mezi sebou prostřednictvím EDI (elektronické komunikace). Ve strojírenství používáme na projektech stále častěji nákupní internetový portál, přes který informační systém signalizuje dodavateli, co má dodat, tiskne pro něj etikety s čárovým kódem a vizualizuje materiál na cestě. Výroba by měla být vždy řízena plánem vytvoření s aktivní asistencí informačního systému. Projektové výroby, jako třeba diskrétní strojírenská výroba, nebo výroba vzorků v automobilovém průmyslu, které vyžadují zakázkové adresné plánování s generováním pracovních příkazů pro jednotlivá výrobní střediska a pracoviště. Velkým problémem bývá při plánování operací a optimalizace využití zdrojů, tedy strojů a lidí. [8]

Hlavní skupiny aktivit spojených s realizací hmotných toků popisuje obrázek 9.



Obrázek 9 Hlavní skupiny aktivit hmotných toků [9]

Metody hmotných toků nabízí možnost jednoduchého a kvalitního monitorování procesů ve výrobě, ale pouze u těch výrazů, kdy se nám výrobní procesy pravidelně a rovnoměrně opakují. Není vhodné používat tyto metody v zakázkové výrobě nebo kusové výrobě.

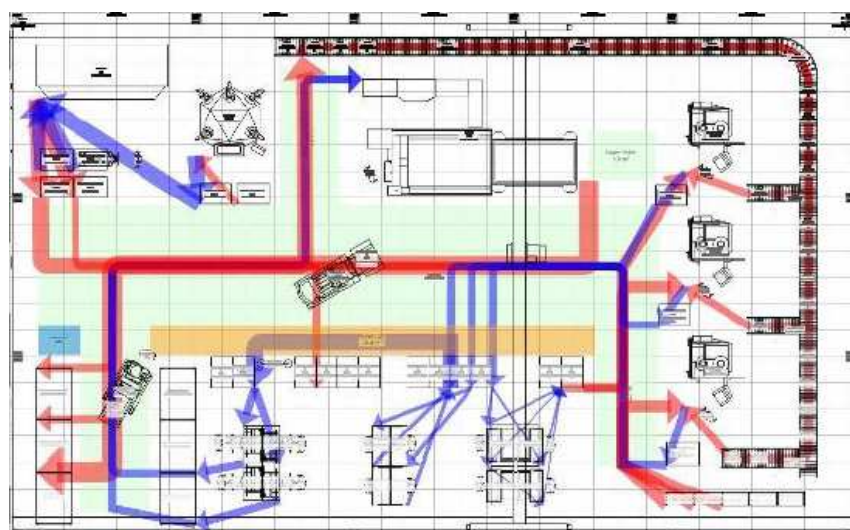
Tyto metody se používají v případě, že v podniku zavádíme novou výrobu, nebo se chystáme reorganizovat starou výrobu, ale také v případě, že plánujeme rozvržení nových prostor.

2.8.1 Sankeyův diagram

Sankeyův diagram je metoda umožňující na základě půdorysného plánu objektu a šachovnicové tabulky graficky znázornit tok materiálu mezi jednotlivými pracovišti. Pro grafické znázornění je vhodné použít maticovou tabulku vstup – výstup, která udává přepočítané množství přepravovaného materiálu mezi pracovišti ve zvolených jednotkách.

Takto zjištěné množství materiálu je v Sankeyově diagramu znázorněno šířkou plných šipek, které současně označují směr toku materiálu a vzdálenosti jsou vyjádřeny délkou čáry. Pro větší přehled je možné znázornit pohyb jednotlivých materiálů odlišnou barvou.

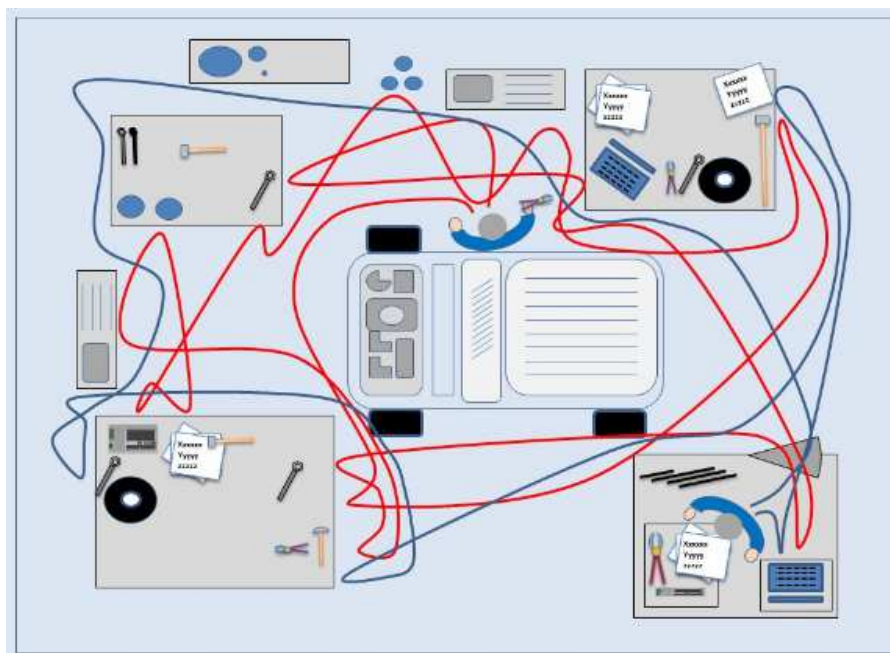
Sankeyův diagram je hodný k vizuálnímu posouzení stávající situace a k nalezení nového řešení v případě, že situace neobsahuje velké složitosti nebo jsou podmínky pro nové rozmístění těžko definovatelné pro počítačové zpracování. Na obrázku 10 je uveden příklad Sankeyova diagramu. [9]



Obrázek 10 Vizualizace Senkeyova diagramu [10]

2.8.2 Spaghetti diagram

Tento diagram se často používá ke znázornění samotného pohybu zaměstnanců, kteří daný proces ovládají. Spaghetti diagram znázorňuje pohyby pracovníka za určitý časový úsek, nejčastěji po dobu pracovní směny. Tyto pohyby vykonané pracovníkem za jednu pracovní dobu se zaznačí do načrtnutého nebo vytisknutého „**layoutu pracoviště**“. Tento diagram nám následně odhalí množství zbytečných pohybů, které operátor během jedné směny vykoná. Jsou to pohyby jako například, zbytečné obcházení špatně umístěného kontrolního stolku, nebo zbytečně dlouhá dráha k bedně s finálními výrobky. Příklad samotného spaghetti diagramu je uvedený níže (viz obrázek 9). [10]



Obrázek 11 příklad Spaghetti diagramu [10]

PRAKTICKÁ ČÁST

3 Charakteristika podniku Brembo Czech s.r.o.

Společnost byla založena v roce 1961 Emiliem Bombassiem. Na níže uvedené historické fotografii můžeme vidět společnost v jejím zrodu. Syn Emilia Bombasseiho, Alberto Bombassei vede firmu do dnes.



Obrázek 12 Freni- Brembo [11]

V samotném zrodu šlo o malou firmu, ale Emilio Bombassei se nebál riskovat a jít kupředu. Úspěch na sebe nenechal dlouho čekat a první větší kontrakt byl s firmou Alfa Romeo v roce 1964. V roce 1965 zaměstnávala společnost 28 lidí a to výrobou kotoučových brzd. Všechny ostatní činnosti firma opustila, avšak stále měla blíž spíše k venkovskému podniku, než k podniku celosvětového formátu.

Celý svět byl sužován krizí, ale Alberto Bombassei který převzal vedení podniku po svém otci, rodinné firmě věřil. V roce 1975 dosáhla společnost průlomu. Sám Enzo Ferrari zadal Brembu vývoj a výrobu brzd pro rudé vozy z Maranella. Firmě se otevřela cesta ke zkušenostem ve formuli 1 a následně možnost díky této spolupráci stát se z malého výrobce špičkou ve svém oboru. Brembo se stává předním dodavatelem brzdových komponentů do většiny odvětví motorsportu.

Na níže uvedeném obrázku můžeme vidět brzdovou soustavu od společnosti Brembo, která je součástí závodního vozu Formule 1 od společnosti Ferrari.



Obrázek 13 Brzdový systém F1 [11]

Z počátku 80 let se firma začala zabývat inovací a vývojem nových produktů. Firmě se tato strategie vyplatila a přichází na automobilový trh s úplně prvními hliníkovými třmeny pro automobily. Přišel zájem ze strany významných výrobců automobilů jako Mercedes, BMW, Porsche, Nissan a další. Hlavní úspěch toho segmentu byl zaznamenán, když pronikl v polovině 80. let jako komponent brzdových systémů užitkových vozidel.

V roce 2000 společnost výrazně rozšiřuje svoji produkci a expanduje do celého světa. Začaly se vyrábět kromě brzdových systémů i jiné automobilové komponenty lehká magnesiová kola, závodní spojky a převodovky, ale také bezpečnostní prvky do automobilů jako jsou, bezpečnostní pásy, sedadla a závodní obuv. Výroba těchto produktů dopomohla ke sdružování s jinými společnostmi, a to například: Sabelt, AP Racing, Marchesini apod.

Společnost Brembo má v současné době zastoupení v mnoha státech napříč celým světem a zaměstnává okolo 7 000 zaměstnanců, každým rokem tento počet narůstá, jelikož se společnost neustále rozvíjí. Cílem společnosti je pokračovat v expanzi, snaha přiblížit se ke klíčovým zákazníkům a tím zefektivnit distribuci a dostupnost komponentů.

V roce 2010 bylo investováno přes 35 milionů Euro do České Republiky. Kde vznikl závod pro podvozkové komponenty určené pro středně prémiový a prémiový segment. Závod byl vybudován v Ostravě s názvem Brembo Czech s.r.o. (viz obrázek 14) dodává komponenty předním světovým automobilkám: Porsche, BMW, Land Rover, GM a Audi.



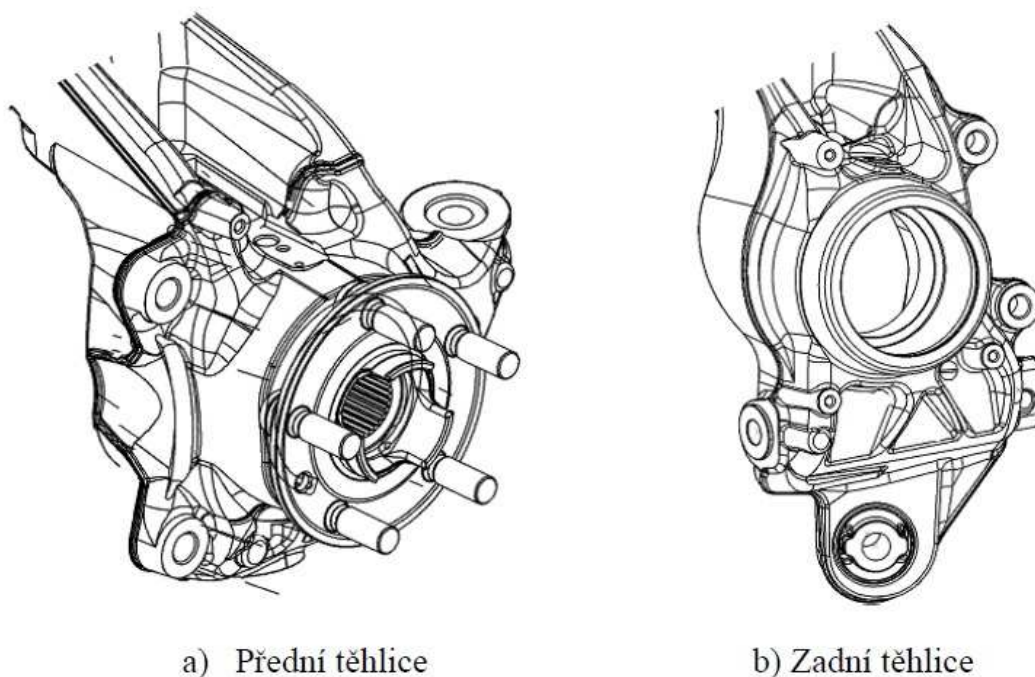
Obrázek 14 Brembo Czech s.r.o.

3.1 Popis produktu

Jak jsme již zmínili, kromě brzdových komponentů jako jsou, brzdové destičky, třmeny, brzdové disky a mnoho dalších se společnost zabývá výrobou podvozkových komponentů, které jsou klasifikovány jako bezpečnostní.

Problematika, která se řeší v této bakalářské práci se týká podvozkového komponentu s názvem těhlice, která zajišťuje uchycení brzdového systému kola a tlumiče, spojením do jednoho celku. U tohoto výrobku je třeba zajistit co nejvyšší kvalitu. Jedná se o velmi důležitou část auta u níž by jakákoliv chyba mohl způsobit velmi vážnou dopravní nehodu. Ostravský závod má své vlastní slévárny, tudíž jsou zde hliníkové těhlice vyráběny od prvního výrobního procesu až po montáž s několika dalšími komponenty.

Po zhruba čtyřech letech užívání již zaběhlého výrobního procesu, těhlic určených pro automobilku Land Rover se musí výrobní proces rozbít, z důvodu odvezení dvou zařízení do jiného závodu a následné přemístění, některých ze stávajících zařízení do nově vybudovaného prostoru v závodě Brembo Czech s.r.o. Do této doby proces prošel pouze drobnou změnou v roce 2014 a to snížení počtů operátorů ze dvou na jednoho a drobným ergonomickým uspořádáním kontrolní stanice. Tohle rozhodnutí se týká dvou výrobků: přední a zadní těhlice (ve všech fázích výroby pro vůz Range Rover Evogue (viz obrázek 15)), které jsou obráběny a montovány na jednom pracovním úseku.



Obrázek 15 3D modely podvozkových komponentů

3.2 Montážní proces podvozkového komponentu

Problematika se týká dvou výrobků jako je již známo z výše uvedených informací. Výrobky jsou sice podobné, ale výrobní proces se liší a to v několika bodech. Každý z těchto výrobků má vlastní obráběcí i montážní proces, z toho důvodu je nutné výrobky nadále rozlišovat.

Montáž přední těhlice

První operací při montáži přední těhlice je samotné obrábění, které se provádí na CNC centrech, do kterých přijde kus jako obroušený odlitek ze slévárny v plastovém přepravním boxu. Tato bedna obsahuje celkem 60 obroušených odlitků, uspořádaných ve třech vrstvách (viz obrázek 16).



Obrázek 16 Plastový box s obroušenými odlitky

Následně po obrábění musí obrobek projít mycí linkou, která odstraní zbytkové třísky a očistí obrobek od směsi chladící a mazací kapaliny.

Na mycí linku navazuje samotná montáž výrobku, kterou provádí montážní přístroj se dvěma pracovními pozicemi. Do montážního procesu přichází několik komponentů se kterými je skládán konečný výrobek.

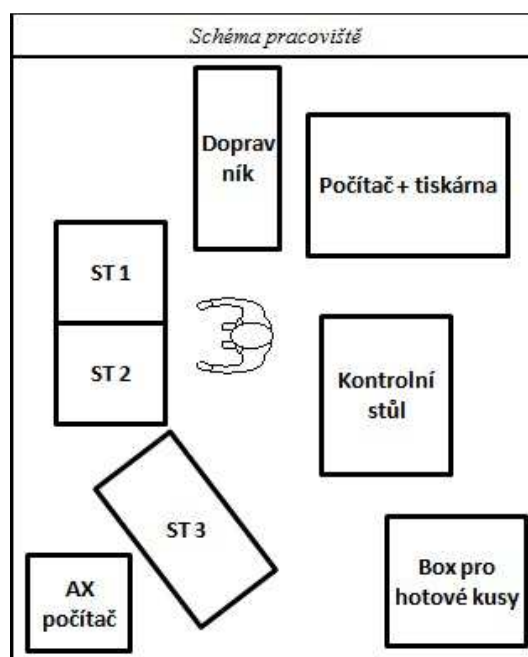
Seznam těchto komponentů je:

- Obrobek přední těhlice.
- Štítek s čárovým kódem.
- Náboj kola.
- Ložisko.
- Ocelová vložka.

Pro přehlednější zobrazení výrobního procesu je v následujícím seznamu vypsán postup jednotlivých operací strojních zařízení, jak na sebe navazují.

1. Obrábění dvou kusů obroušeného odlitku zároveň.
2. Mycí linka - očištění odlitku a odstranění třísek).
3. Stanice 1 - Lisování ložiska + zalisování segerovky + lisování náboje.
4. Stanice 2 - lisování ocelové vložky.
5. Kontrolní stanice – zkouška rovinnosti a házivosti náboje kola, může probíhat více než jednou. Pokud je po kontrole výrobek vyhovující následuje cyklus opravy samotným zařízením.

Níže uvedený obrázek 17 názorně zobrazuje schéma montážního pracoviště předních těhlic navazující na CNC centra a mycí linku.



Obrázek 17 Schéma montážního pracoviště předních těhlic

Montáž zadní těhlice

Stejně jako u předchozího montážního procesu začíná u obráběcího stroje, ke kterému se dodává 64 obroušených kusů odlitků uložených v plastovém boxu ve čtyřech vrstvách (viz obrázek 18).



Obrázek 18 Plastový box s obroušenými odlitky

Následně stejně jako u předních těhlic musí obrobek projít mycí linkou, která obrobek zbaví zbytkových třísek a očistí od směsi chladicí a mazací kapaliny. Tato mycí linka je společná pro obrobky předních i zadních těhlic.

Na mycí linku stejně jako u předchozího výrobního procesu předních těhlic navazuje samotná montáž výrobku, kterou provádí montážní přístroj se dvěma pracovními pozicemi. Do montážního procesu vstupuje několik komponentů, ze kterých je skládán konečný výrobek.

Seznam těchto komponentů je:

- Obrobek přední těhlice.
- Štítek s čárovým kódem.
- Pouzdro.
- 2x ocelová vložka.

Pro přehlednější zobrazení výrobního procesu je v následujícím seznamu vypsán postup jednotlivých operací strojních zařízení, jak na sebe navazují:

1. Obrábění dvou kusů obroušeného odlitku zároveň.
2. Mycí linka - očištění odlitku a odstranění třísek.
3. Stanice 1 - lisování bushingu.
4. Stanice 2 - lisování ocelové vložky č.1
5. Stanice 2 - lisování ocelové vložky č.2 + markování.

Níže uvedený obrázek 19 názorně zobrazuje schéma montážního pracoviště zadních těhlic navazující na CNC centra a mycí linku.



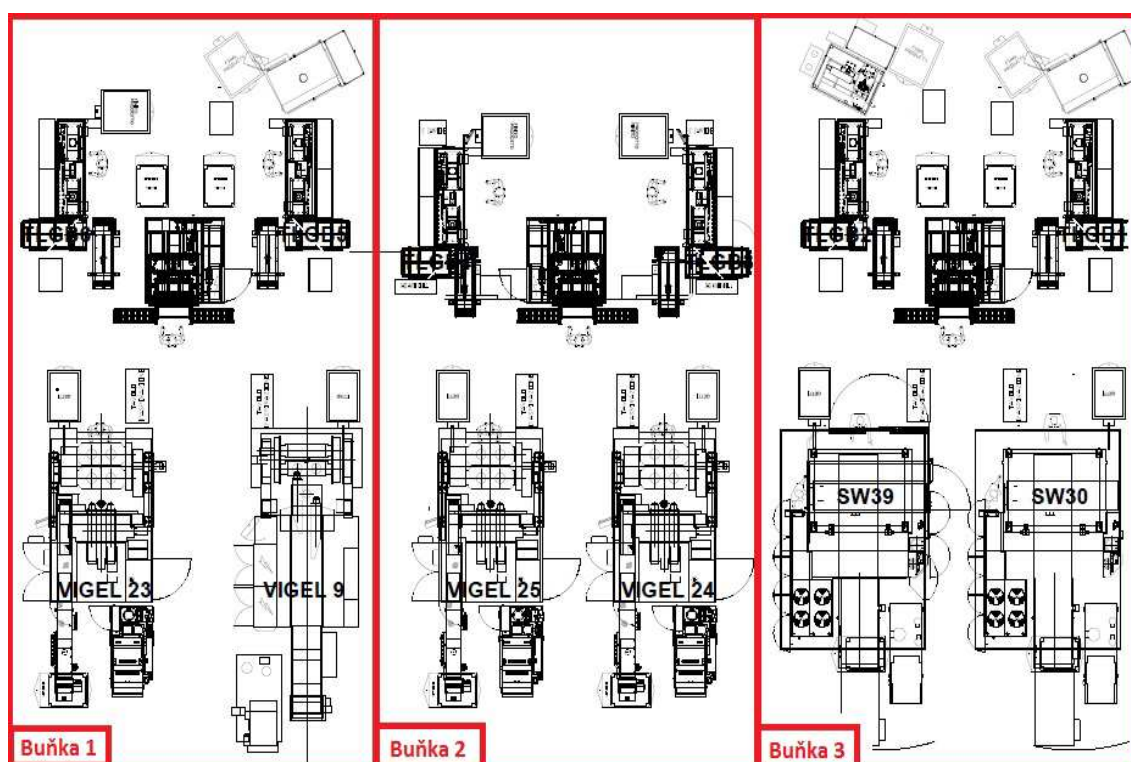
Obrázek 19 Schéma montážního pracoviště zadních těhlic

4 Analýza současného stavu výrobní linky

V této části bakalářské práce se budeme věnovat detailnímu rozboru současného stavu výrobní linky v daných oblastech výroby, hmotného toku, výrobních časů a využití operátorů, které jsou pro plynulý chod výrobní linky nezbytné.

4.1 Analýza současného layoutu

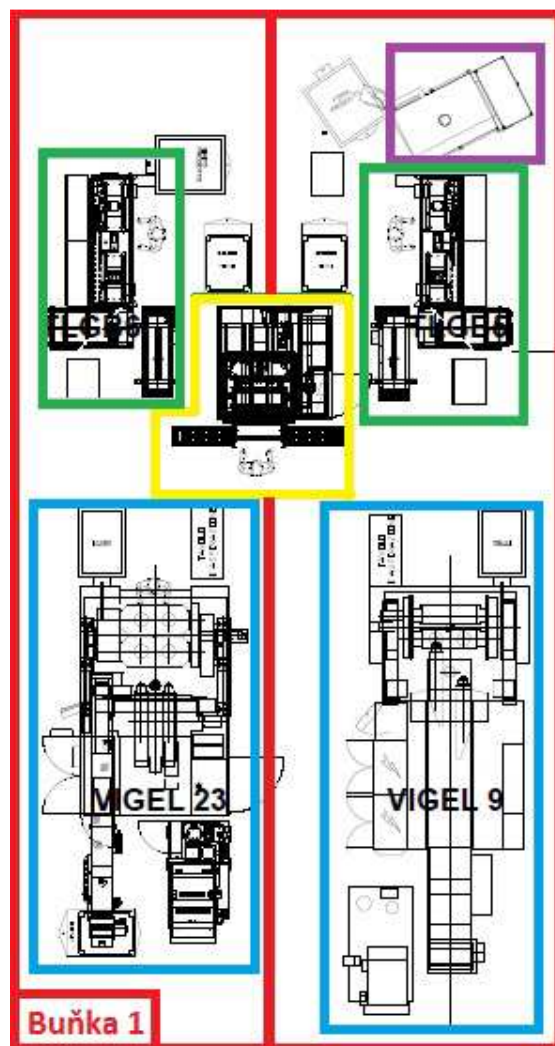
Níže uvedený obrázek 20 zobrazuje současný layout.



Obrázek 20 Rozdělení současného layoutu

Cela výrobní oblast je rozdělena na 3 buňky, které nezávisle na sobě obstarávají montáž předních a zadních těhlic, jednotlivé buňky jsou na obrázku rozděleny a označeny červenou barvou. Současné řešení pracovního layoutu je systémem toku materiálu.

V níže uvedeném obrázku 21 provedeme podrobnější rozdělení jedné z buněk a to z důvodu přiblížení jednotlivé buňky a následně přehlednějšího zobrazení.

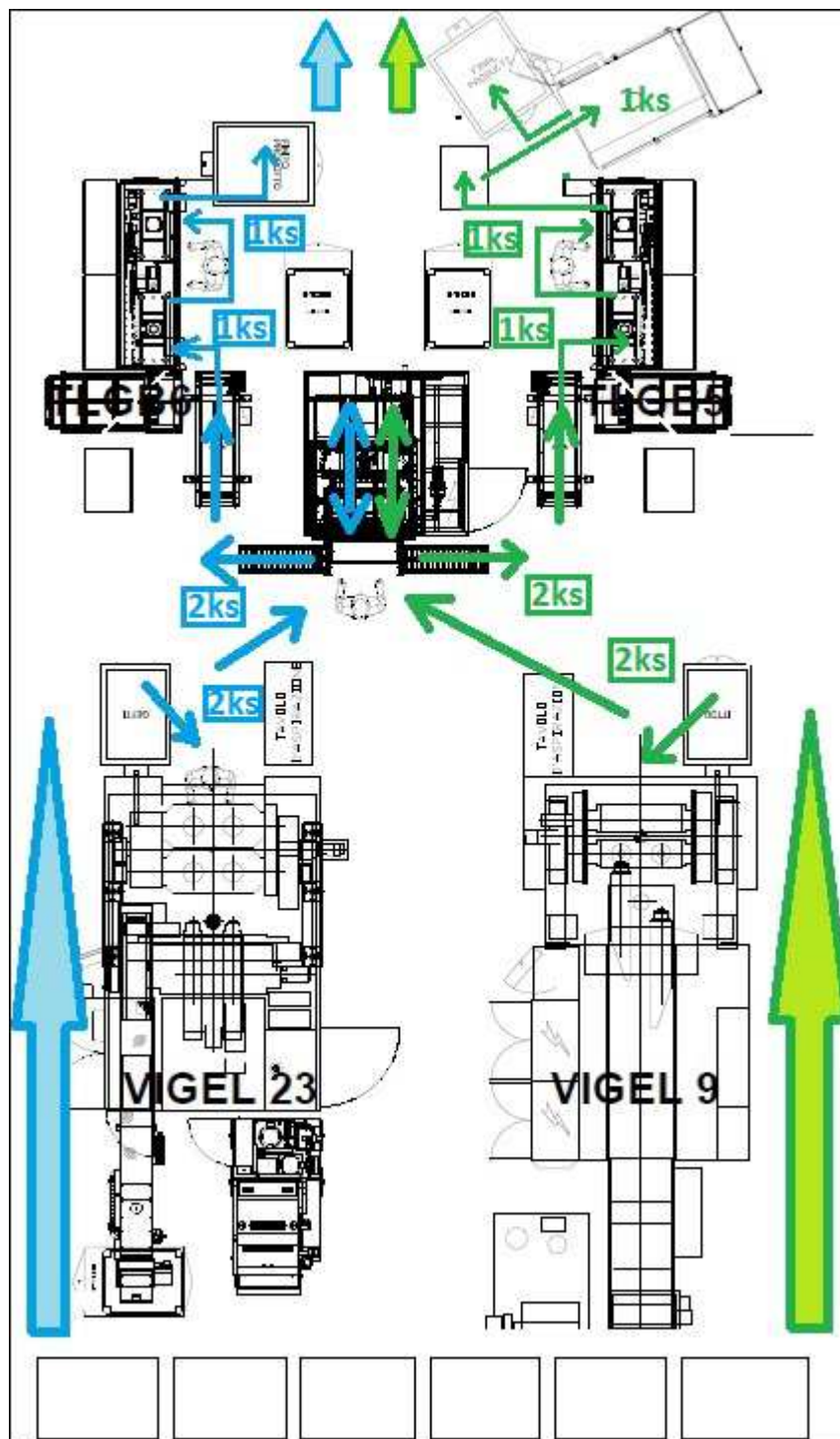


Obrázek 21 Rozdělní Buňky 1

- Červená barva - Ohraničuje a zároveň rozdělu buňku na dvě pomyslné poloviny. Pravá polovina odděluje výrobu předních těhli a levá polovina výrobu zadních těhlic.
- Modrá barva – Ohraničuje dvě obráběcí centra.
- Žlutá barva – Ohraničuje mycí linku, která je jak jsme již zmínili jediným společným strojním zařízením, jak pro přední těhlice, tak i pro zadní těhlice.
- Zelená barva – Ohraničuje dvě montážní zařízení se dvěma stanicemi, pro nalisování komponentů.
- Fialová barva – Označuje kontrolní stanici pro přední těhlice.

4.2 Analýza hmotného toku

Rozbor hmotných toků materiálu v současném stavu. K řešení této problematiky jsme použili Senkeyův diagram (viz obrázek 22).



Obrázek 22 Senkeyův diagram- Aktuální hmotný tok

Tento diagram slouží k zobrazení hmotných toků. Modrou barvou je znázorněn tok materiálu pro výrobu zadních těhlic a zelenou barvou tok materiálu pro výrobu předních těhlic. Z následujícího diagramu vyčteme tyto informace:

- Přes obráběcí zařízení prochází současně 2 kusy těhlic.
- Přes mycí linku prochází současně čtyři kusy těhlic v ideálním případě dvě zadní a dvě přední.
- V případě předních kusů prochází skrze montážní linku, vždy jen jedna těhlice. Výrobní linka zahrnuje dvě montážní pozice a jednu kontrolní pozici.
- V případě zadních kusů je situace stejná, jako u předních, ale má o jednu operaci méně.

4.3 Montážní časy

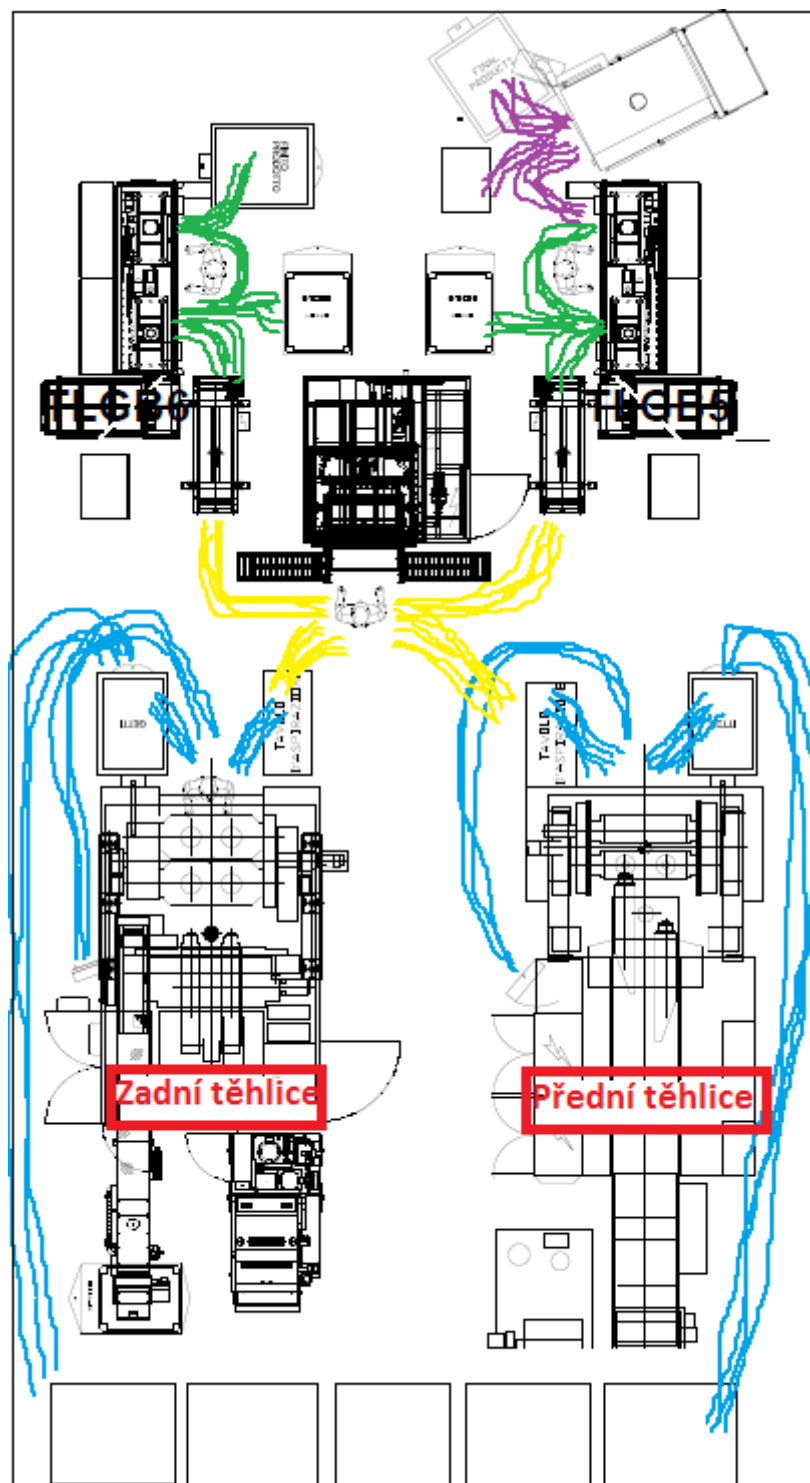
Montážní časy jsou nedílnou součástí analýzy, která se prováděla v rámci současného stavu. Časy uvedené níže jsou, byly naměřeny normovačem a jsou součástí podnikové dokumentace.

4.3.1 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram slouží k určení pohybů operátora v jeho pracovním prostředí. Dají se na něm schematicky znázornit veškeré pohyby zaměstnance během směny. Vzhledem k množství, četnosti a rozmanitosti pohybů se v praxi ukázalo zaznačit pouze ty pohyby, které se týkají dané problematiky.

Spaghetti diagram vypracovaný na obrázku 23 nezobrazuje konkrétní počty pohybů zaměstnanců. Jsou zde zaznamenány pouze pohyby, které daný pracovník provádí při chodu výrobní linky, tudíž zde nejsou zaznamenány pohyby, které jsou pro řešení této problematiky zbytečné, jakou jsou například dle zákona: odchod na pětiminutovou přestávku, odchod na oběd, příchod a odchod na začátku směny, odchod na toaletu.

Jako příklad byl vypracován spaghetti diagram pro jednu z trojice buněk (obrábění, mytí a následné montáže předních i zadních těhlic). Dle obrázku 23 červenou barvou oddělena pravá strana týkající se montáže předních těhlic, levá strana týkající se montáže zadních těhlic.



Obrázek 23 Současný Spaghetti diagram

4.3.2 Pohyb operátora a celkový „cycle time“ předních těhlic

Operátor obráběcího CNC centra:

- Operátor musí před vyčerpáním 60 ks odlitků, vyměnit bednu s odlitky.
- Vložení dvou obroušených odlitků do CNC centra.
- Vyjmutí Obroušených odlitků z CNC centra.

Operátor mycí linky:

- Vyjmutí obrobků z boxu.
- Vložení čtyř kusů obrobků do mycí linky, jak jsme již zmínili dvou předních a dvou zadních těhlic.
- Vyjmutí čtyř omytých kusů těhlic.
- Přesun očištěných obrobků předních těhlic na pravý dopravník.
- Přesun očištěných obrobků zadních těhlic na levý dopravník.

Operátor montážní stanice:

- Nalepení štítku, naložení kusu do první pozice ve stanici, naskenování štítku, naložení ložiska a náboje, následně stisknutí spouštěcího tlačítka.
- Přemístění těhlice na druhou pozici lisovací stanice, opětovné naskenování štítku, naložení ocelové vložky, stisk spouštěcího tlačítka.
- Vyjmout kus z lisovací stanice, vložení kusu do kontrolní stanice, stisknutí spouštěcího tlačítka.
- Vyjmutí kontrolované těhlice ze stanice.
- Výstupní kontrola kompletní těhlice a uložení do přepravky.

Kromě již popsaných operací, které se s každým kusem opakují, musí operátor montážní linky vykonávat operace opakující se v určitých intervalech:

- Po každém 12. kusu vyměnit krabici s ložisky
- Po každém 12. kusu odstranit proklad z krabice s ložisky.
- Po každém 36. kusu vyměnit krabici s náboji.
- Po každém 12. kusu musí do přepravky s hotovými kusy vložit proklad.
- Po každém 36 kusu musí vyměnit plnou přepravku za prázdnou.

Tabulka 1 Časy obráběcího CNC centra předních těhlic

Číslo operace	Popis operace	Kus operace	f	TM [min]	MF [min]	ML [min]
1	Obrábění OP10	1,670	1/2	0,835	-	-
2	Obrábění OP20	3,120	1/2	1,560	-	-

Celkový čas cyklu obráběcího centra v [min]:

$$TC_o = (TM_1 + TM_2) + MF \quad (1)$$

$$TC_o = (0,835 + 1,560) = 2,395 = 2,40 \text{ min}$$

Tabulka 2 Časy montážní stanice předních těhlic

Číslo operace	Popis operace	Kus	f	TM [min]	MF [min]	ML [min]
1	Stanice 1 (lisování+ložiska+zalisování segerovky+lisoání náboje)	0,600			-	-
2	Stanice 2 (lisování ocelové vločky+markování)	0,450			-	-
3	Stanice 3 (zkouška rovinnosti a házivosti náboje kola)	1,280				
4	TLGB 1	1,468	1/1		1,468	

Kde:

f - počet cyklů v [min].

TM - čistý strojní čas v [min].

MF- stroj pracuje / operátor nepracuje v [min].

ML- stroj nepracuje / operátor pracuje v [min].

TLGB1 (popis procesu)

Odběr těhlice z dopravníkového pásu + vizuální kontrola + nalepení etikety vložení těhlice do stanice 1 + načtení etikety + vložení ložiska vložení náboje + lisování ložiska + zalisování segerovky + lisování náboje + vyjmutí těhlice ze stanice 1 + vložení těhlice do stanice 2 + vložení ocelové vložky + načtení etikety + lisování ocelové vložky a markování + vyjmutí těhlice ze stanice 2 + vložení těhlice do stanice 3 + načtení etikety + zkouška rovinnosti a házivosti náboje kola + vyjmutí těhlice ze stanice 3 + odložení těhlice na kontrolní stůl + extra kontrola + uložení těhlice do boxu.

Celkový čas buňky pro výrobu předních těhlic

Celkový montážní čas v [min]:

$$TC_M = TM + MF \quad (2)$$

$$TC_M = 0 + 1,468 = 1,468 = 1,47 \text{ min}$$

Pro určení celkového času buňky pro výrobu předních těhlic je pro nás určující jeden ze dvou spočítaných časů a to ten větší $TC_0 > TC_M$. Tudíž je pro nás rozhodující TC_0 - celkový strojní čas obráběcího centra **2,40 [min]**.

4.3.3 Pohyb operátora a celkový „cycle time“ zadních těhlic

Operátor obráběcího CNC centra:

- Operátor musí před vyčerpáním 64 ks odlitků, vyměnit bednu z odlitky.
- Vložení dvou obroušených odlitků do CNC centra.
- Vyjmutí Obroušených odlitků z CNC centra .

Operátor mycí linky:

- Vyjmutí obrobků z boxu.
- Vložení čtyř kusů obrobků do mycí linky, jak jsme již zmínili dvou předních a dvou zadních těhlic.
- Vyjmutí čtyř omytých kusů těhlic.
- Přesun očištěných obrobků předních těhlic na pravý dopravník.
- Přesun očištěných obrobků zadních těhlic na levý dopravník.

Jak jsme již zmínili tato stanice je společná pro výrobu předních i zadních těhlic, tudíž je i jeden operátor pro obě buňky, který dodává očištěné kusy jak předních tak zadních těhlic.

Operátor montážní stanice:

- Nalepení štítku, vložení kusu do první pozice montážní stanice, naskenování štítku, vložení pouzdra, stisk spouštěcího tlačítka.
- Premístění těhlice do druhé montážní pozice, naskenování štítku, vložení první ocelové vložky, stisk spouštěcího tlačítka.
- Otočení kusu v druhé montážní pozici, vložení druhé ocelové vložky, stisk spouštěcího tlačítka.
- Kontrola hotové těhlice, uložení do přepravky.

Jak jsme již zmínili v předchozím případě, kromě již popsanych operací, které se s každým kusem opakují, musí operátor montážní linky vykonávat operace opakující se v určitých intervalech:

Tabulka 3 Časy obráběcího CNC centra zadních těhlic

Číslo operace	Popis operace	Kus operace	f	TM [min]	MF [min]	ML [min]
1	Obrábění OP10	1,620	1/2	0,810	-	-
2	Obrábění OP20	2,980	1/2	1,490	-	-

Celkový čas cyklu obráběcího centra je definován, dle výše uvedeného vztahu:

$$TC_o = (TM_1 + TM_2) + MF = (0,810 + 1,490) = 2,30 \text{ min}$$

Tabulka 4 časy montážní stanice zadních těhlic

Číslo operace	Popis operace	Kus	f	TM [min]	MF [min]	ML [min]
1	Stanice 1 (lisování bushingu)	0,150	-	-	-	-
2	Stanice 2 (lisování ocelové vložky č.1)	0,100	-	-	-	-
3	Stanice 2 (lisování ocelové vložky + markování)	0,520	-	-	-	-
4	Extra kontrola průměru otvoru pro ložisko	0,088	-	-	-	-
5	TLGB1	1,086	1/1	1,086	-	-
6	Přesun operátora k boxu s proklady a mřížkami+odběr prokladu a mřížky+přesun operátora k boxu s hotovými díly+ vložení prokladu a mřížky do boxu+přesun operátora zpět na pracoviště	0,330	1/15	0,022	-	-
7	Přesun operátora k AX počítači+tvorba CDI+tisk CDI+zápis CDI do knih+přesun operátora k boxu s hotovými díly+nalepení CDI a dalších dokumentů na box+přesun operátora zpět na pracoviště	1,6	1/45	0,036	-	-
8	Odvoz plného boxu na místo uložení+dovoz prázdného boxu na místo pracoviště+složení boxu+vložení prokladu mřížky do boxu+přesun operátora zpět na pracoviště	1,570	1/45	0,035	-	-

TLGB1 (popis procesu)

Odběr těhlice z dopravníkového pásu + vizuální kontrola + nalepení etikety + vložení těhlice do stanice 1 + načtení etikety + vložení bushingu + lisování bushingu + vyjmutí těhlice ze stanice 1 + vložení těhlice do stanice 2 + vložení ocelové vložky č.1 + načtení etikety + lisování ocelové vložky č.1 + vyjmutí těhlice ze stanice 2 + otočení těhlice o 180° + vložení těhlice do stanice 2 + vložení ocelové vložky č.2 + načtení etikety + lisování ocelové vložky č.2 a markování + vyjmutí těhlice ze stanice 2 + odložení těhlice na kontrolní stůl + extra kontrola + extra značení fixem + uložení těhlice do boxu.

Celkový čas buňky pro výrobu zadních těhlic

Celkový montážní čas v [min]:

$$TC_M = (TM_5 + TM_6 + TM_7 + TM_8) + MF \quad (3)$$

$$TC_M = (1,086 + 0,022 + 0,036 + 0,035) = 1,179 = 1,8 \text{ min}$$

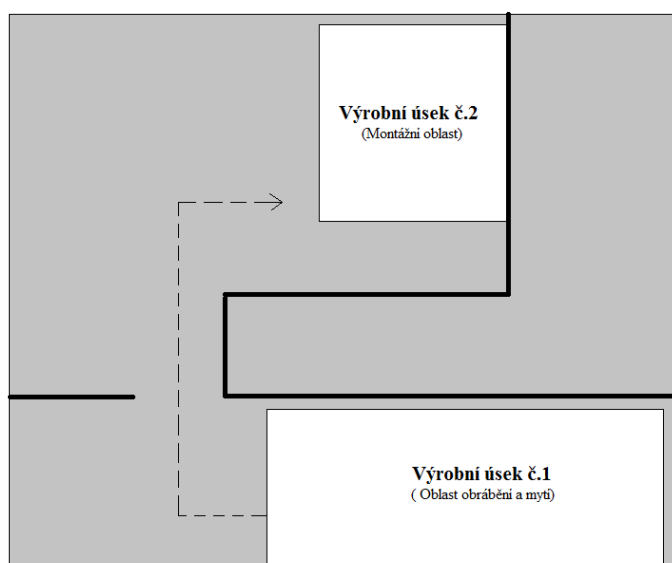
Pro určení celkového času buňky pro výrobu předních těhlic je pro nás určující jeden ze dvou spočítaných časů a to ten větší $TC_O > TC_M$. Tudíž je pro nás rozhodující TC_0 - celkový strojní čas obráběcího centra **2,30 [min]**.

5 Návrh nového vzorového layoutu

5.1 Rozdělení výrobního úseku

Při návrhu nového vzorového layoutu se musím držet firemních plánů. Dle těchto plánů, jak jsme již zmínili, byla jedna jednotka ze současného layoutu odebrána **TLGB6** (montážní stanice předních těhlic). Do konce roku se počítá s jednotkou **TLGB5** (montážní stanice pro přední těhlice). Dále musím brát v úvahu, že současná výroba, která je řešena systémem toku materiálu bude rozdělena, a to na dva hlavní výrobní úseky, náš návrh se týká pouze výrobního úseku č.2 (viz obrázek 24):

- **Výrobní úsek č. 1** - Zde zůstanou pouze obráběcí centra a mycí linky. Tyto zařízení zůstanou téměř na stejném místě, jako jsou na současném layoutu (pouze s drobnými organizačními změnami).
- **Výrobní úsek č. 2** - Montážní oblast byla přesunuta do nově vybudované výrobní haly, jak jsme již zmínili této oblasti se týká náš návrh.

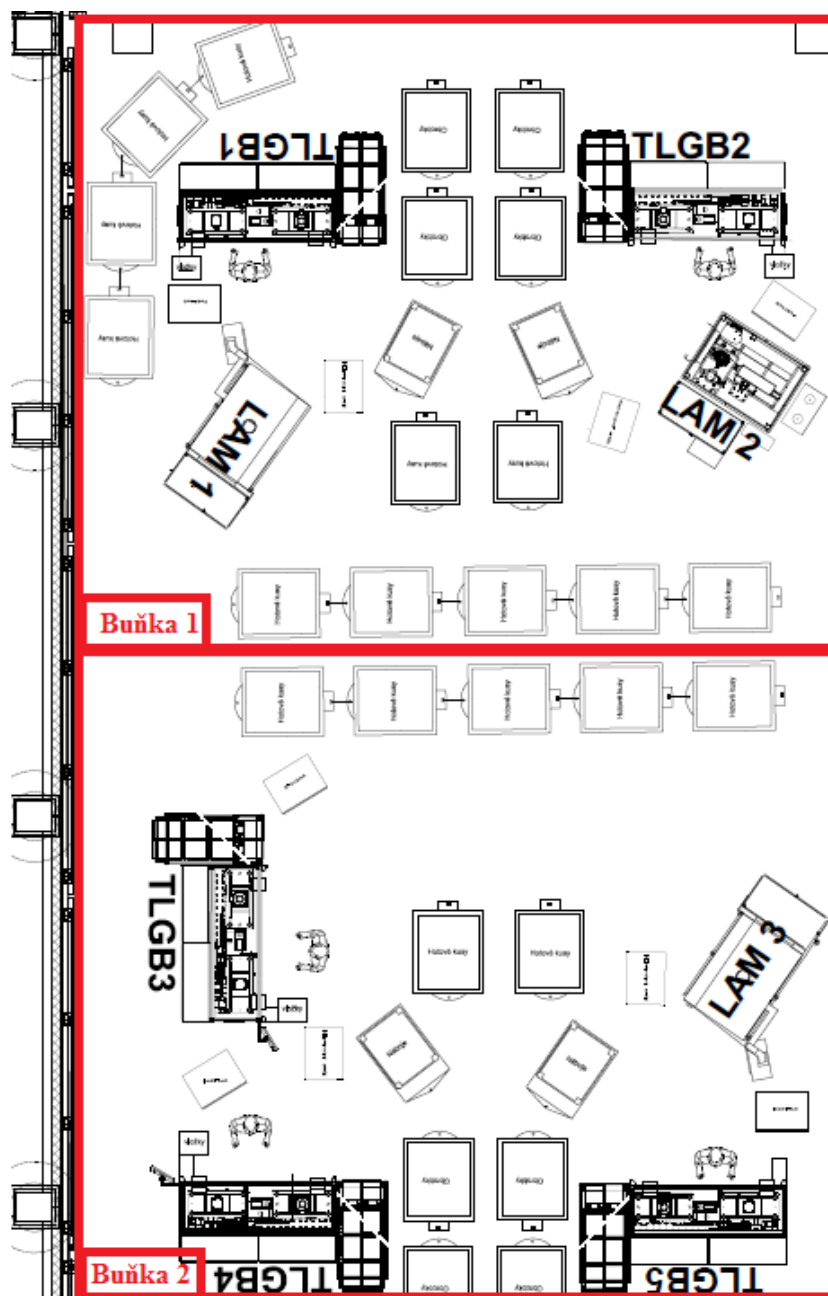


Obrázek 24 Schéma rozdělené výroby

Materiál z výrobního úseku č. 1 (Oblast obrábění a mytí) se bude přepravovat do výrobního úseku č.2 (Montážní oblast) pomocí “**vláček**”, které budou přepravovat obrobený a očištěný materiál. Tento systém přepravy je využíván téměř v celé výrobě.

5.2 Nový layout výrobního úseku č.2 (Oblast montáže)

Cílem bylo, přiblížit se co nejvíc současnému stavu montážní oblasti a dosáhnout, tak téměř stejných podmínek pro samotnou výrobu, ale i operátora. Celý úsek je opět rozdělen do dvou pomyslných buněk, které sou zvlášť zásobovány materiálem (viz obrázek 25).

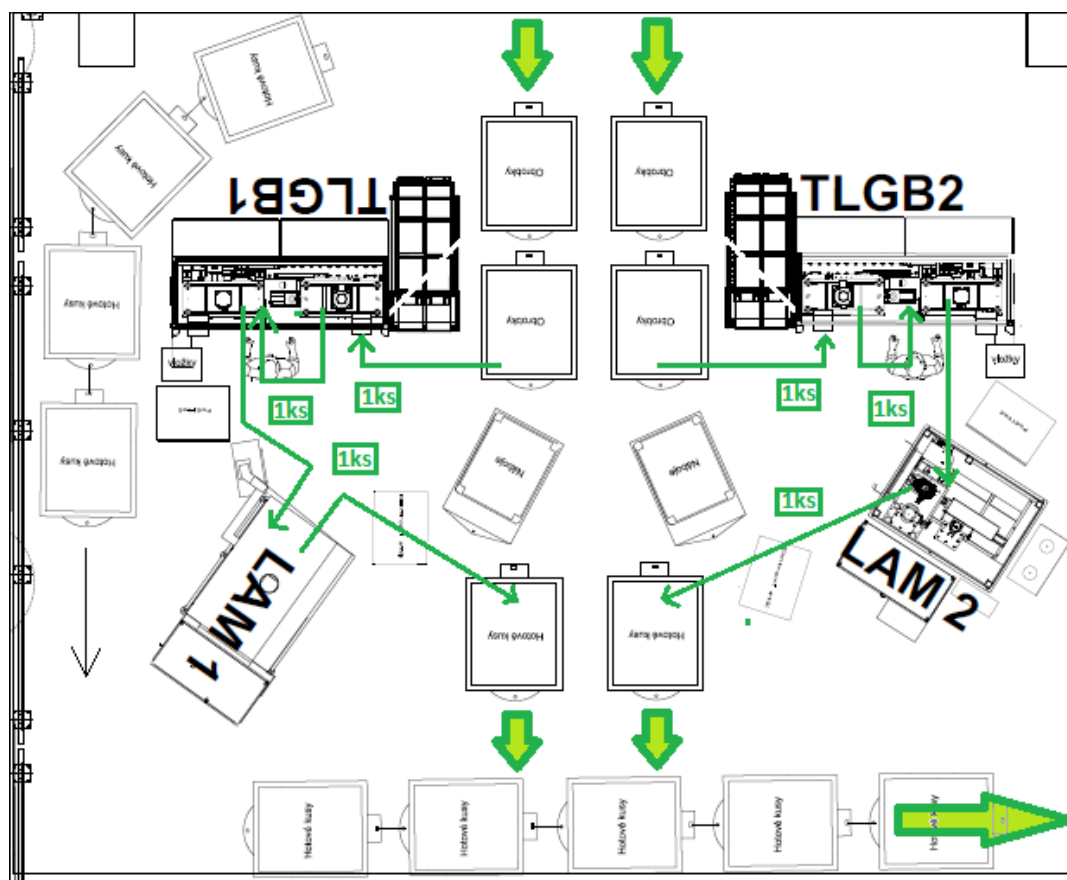


Obrázek 25 Nový layout výrobního úseku č.2

5.2.1 Analýza hmotných toků

Pro analýzu hmotných toků byl zvolený stejně jako v předchozím případě: Sankeyův diagram. Tento diagram nám v tomto případě posoužil k analýze hmotných toků, která je nezbytně nutná pro zhodnocení návrhu nového výrobního úseku.

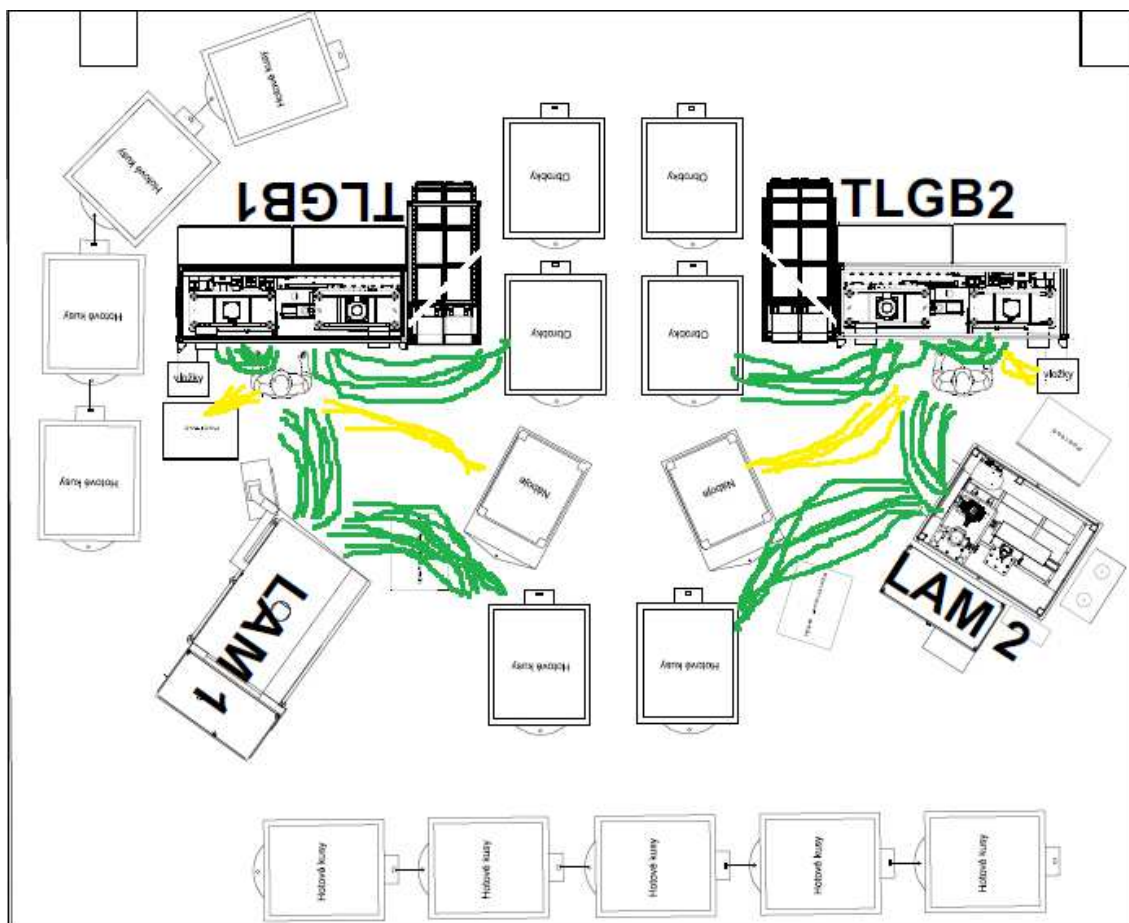
Pro analýzu toho toku materiálu jsme zvolili jednu ze dvou buněk, a to „Buňku 1“. Montážní proces v této buňce je zaměřen, jak na pravé, tak i na levé straně na výrobu předních těhlic (viz obrázek 26).



Obrázek 26 Analýza hmotných toků

5.2.2 Spaghetti diagram

Stejně jako u předchozího Sankeyova diagramu nám tento diagram slouží k finálnímu zhodnocení uspořádání strojních zařízení a komponentů.



Obrázek 27 Spaghetti diagram navrhnutého layoutu

Uspořádání nového layoutu jsme navrhli, tak aby byly pohyby operátora, téměř stejné jako u současného layoutu, počet operátorů na jeden pracovní úsek zůstává stejný.

5.2.3 Strojní časy

Strojní časy jednotlivých obráběcích i montážních zařízení zůstávají stejné jako u současného layoutu. S tím, že budeme muset počítat čas na dopravu materiálu mezi výrobními úseky. Tento čas by měl být vykompenzován odebráním montážní stanice předních těhlic TLGB6, která už není součástí navrhnutého layoutu pracoviště. Následně koncem roku dojde k odebrání druhé montážní stanice předních těhlic TLGB5, čímž dojde k rozdělení montážních buněk:

- Buňka 1 – montáž předních těhlic.
- Buňka 2 – montáž zadních těhlic.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo přizpůsobit současnou výrobu nově vzniklým změnám v oblasti montáže podvozkových komponentů (těhlice), které dodává pro automobilový průmysl společnost Brembo s.r.o.

Na základě analýzy současného layoutu, který funguje na principu systém toku materiálu a je rozdělen na 3 buňky. Každá z buněk obsahuje 2 CNC obráběcí centra, pro tyto centra je společná mycí linka a následně dvě montážní stanice a v případě předních těhlic, také kontrolní stanice. Analýzu layoutu na základě výrobních časů jsme provedli za pomoci Sankeyova diagramu (slouží pro analýzu hmotných toků) a Spaghetti diagramu (slouží k analýze pohybu operátora).

Princip systému toku materiálu, byl rozbit z důvodu přemístění montážní výroby do nově vybudované výrobní haly, tudíž se nám výrobní proces rozdělil na dva výrobní úseky. Výrobní úsek č. 1, zůstaly obráběcí centra s mycími linkami. Tyto zařízení zůstaly téměř na stejném místě, jako u současného layoutu, tudíž tento úsek nebyl předmětem našeho návrhu, ale ovlivňoval náš návrh výrobního úseku. Určujícím časem pro návrh montážního layoutu, byl výrobní čas pro montáž předních těhlic $TC_M = 1,47$ min a zadních těhlic $TC_M = 1,8$ min.

Náš návrh se týkal výrobního úseku č. 2, do kterého bude přemístěn montážní úsek. Nadále návrh ovlivnilo odebrání jednoho ze strojních zařízení a to jednotky TLGB6 (montážní jednotka pro výrobu předních těhlic), a do budoucna se nepočítá ani s jednotkou TLGB5 (určena pro montáž předních těhlic).

Naším úkolem bylo navržení výrobního úseku č. 2. Principem návrhu bylo, se co nejvíce přiblížit současnému stavu montážního úseku. Zajistit plynulý přísun vstupního materiálu (obrobené a očištěné kusy), který bude k montážnímu úseku přepravován z úseku č. 1, ale také plynulý výstup materiálu. Dalším cílem bylo přiblížit vzdálenosti mezi zařízeními a jednotlivými komponenty současnému stavu, abychom zachovali stejný počet operátorů a stejné montážní časy na daný montážní úsek. Nový montážní úsek je dělen na 2 buňky, při čemž „Buňka 1“ obstarává montáž předních těhlic a „Buňka 2“ obstarává montáž zadních i předních těhlic (do budoucna pouze montáž zadních těhlic).

Veškeré zmíněné úpravy řešené v této bakalářské práci byly konzultovány se společností Brembo Czech s.r.o.

Seznam použité literatury:

- [1] BOTEK, M. *Sbírka příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu*. 2. Vyd. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze, Praha, 2004, 143 s. ISBN 80-7080-544-7.
- [2] BARAN, V. *Optimalizace logistiky a organizace práce ve výrobním procesu kování: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2012, 52s. Vedoucí práce Čepová, L.
- [3] NOVÁK, J. a ŠLAMPOVÁ, P. *Racionalizace výroby*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007, 52s. CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414
- [4] ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení: cvičení II*. 1. Vyd. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava. 2006. 85 s. ISBN 80-248-0962-1
- [5] POKA YOKE. *Management mania*. [online]. [cit. 2017-05-15] Dostupné z: <http://managementmania.com/poka-yoke>.
- [6] POKA YOKE. *Productívne*. [online]. [cit. 2017-05-15] Dostupné z: <http://www.produktivne.sk/metody-stihlej-vyroby2/poka-yoke/>
- [7] SCaC PARTNER. *Systém tahu ve výrobním prostředí*. 1. Vyd. Brno, 2008, 95s. ISBN 978-80-904099-0-3.
- [8] KOŠTURIÁK, J a FROLÍK, Z. *Stříhlý a inovativní podnik*. Alfa Publishing, Praha, 2006. 240 s. ISBN 80-86851-38-9
- [9] ČVANDA, P. *Technologický projekt výroby rotačních součástí*. Brno, 2010. 82 s. Diplomová práce na vysokém učení technickém v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Rumíšek. CSc.
- [10] *Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání - API – Akademie produktivity a inovací s.r.o.* [online]. [cit. 2017-05-15] Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70817.naucte-se-videt-odstanovat-plytvani/>
- [11] *Auto web příběh úspěchu* [online]. [cit. 2017-05-15] Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/pribeh-uspechu-brembo-spa-1961/>

- [12] *Ergonomická rizika opakované výroby* [online]. [cit. 2017-05-15] Dostupné z: <https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/6006-ergonomicka-rizika-opakovane-vyroby.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Výrobní proces	12
Obrázek 2 Cíl racionalizace	14
Obrázek 3 Preventivní racionalizace	15
Obrázek 4 Korektivní racionalizace.....	16
Obrázek 5 Vlivy ergonomie.....	17
Obrázek 6 Příklad Pokay Yoke.....	18
Obrázek 7 Princip systému řízení Kanban.....	19
Obrázek 8 čas směny	22
Obrázek 9 Hlavní skupiny aktivit hmotných toků	23
Obrázek 10 Vizualizace Senkeyova diagramu	24
Obrázek 11 příklad Spaghetti diagramu	25
Obrázek 12 Freni- Brembo	26
Obrázek 13 Brzdový systém F1	27
Obrázek 14 Brembo Czech s.r.o.	28
Obrázek 15 3D modely podvozkových komponentů.....	29
Obrázek 16 Plastový box s obroušenými odlitky	30
Obrázek 17 Schéma montážního pracoviště předních těhlic	31
Obrázek 18 Plastový box s obroušenými odlitky	32
Obrázek 19 Schéma montážního pracoviště zadních těhlic.....	33
Obrázek 20 Rozdělení současného layoutu	34
Obrázek 21 Rozdělní Buňky 1	35
Obrázek 22 Senkeyův diagram- Aktuální hmotný tok	36
Obrázek 23 Současný Spaghetti diagram	38
Obrázek 24 Schéma rozdělené výroby	45
Obrázek 25 Nový layout výrobního úseku č.2.....	46

Obrázek 26 Analýza hmotných toků.....	47
Obrázek 27 Spaghetti diagram navrhnutého layoutu.....	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 Časy obráběcího CNC centra přeních těhlic.....	40
Tabulka 2 Časy montážní stanice předních těhlic.....	40
Tabulka 3 Časy obráběcího CNC centra zadních těhlic.....	42
Tabulka 4 Časy montážní stanice zadních těhlic.....	43